Het ontwikkelen van een plan van aanpak voor de preventieve versterking van gebouwen, om veiligheidsrisico’s als gevolg van aardbevingen in het Groningen veld zoveel mogelijk te beperken.

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (“NAM”)
Assen, augustus 2013

Inleiding

Eind januari 2013 zijn door minister Kamp van Economische Zaken nieuwe inzichten gepresenteerd rondom aardbevingen als gevolg van gaswinning uit het Groningen-gasveld. Tot nu toe werd er door alle betrokken partijen vanuit gegaan dat de zwaarst mogelijke aardbeving als gevolg van gaswinning 3,9 op de schaal van Richter zou zijn. Nieuwe inzichten gaven echter aan dat er mogelijk zwaardere aardbevingen kunnen ontstaan als gevolg van de gaswinning. NAM heeft als reactie op deze nieuwe inzichten een aantal maatregelen aangekondigd. Op hoofdlijnen gaat het om het aanvullend uitvoeren van onderzoek naar de kracht en locatie van toekomstige aardbevingen, onderzoeken van alternatieve methodes om de kracht van aardbevingen te beïnvloeden of te voorkomen en het nemen van preventieve maatregelen om onveilige situaties als gevolg van aardbevingen door gaswinning zoveel mogelijk te beperken. Dit onderzoek maakt deel uit van een groot aantal onderzoeken dat momenteel wordt verricht naar de oorzaken en gevolgen van aardbevingen als gevolg van gaswinning in het Groningen gasveld. In december zullen de resultaten hiervan gepresenteerd worden. Ook heeft NAM een intensief programma opgezet om naar verschillende partijen en belanghebbenden te luisteren en met hen te overleggen. Daarnaast zijn de communicatie en voorlichting over aardbevingen en schadeafhandeling geïntensiveerd en verbeterd.

NAM heeft onderzoeksbureau Arup ingeschakeld voor het onderzoek naar "preventieve maatregelen ter versterking van gebouwen". Aangehecht treft u een tussentijdse rapportage van Arup aan, waarin de methodologie in detail wordt beschreven om te komen tot een plan van aanpak om gebouwen preventief te versterken. Op basis van op dit moment beschikbare gegevens uit Arup studies heeft NAM in Appendix 1 een eerste inschatting gemaakt van types en aantallen gebouwen die gevaar lopen te bezwijken indien een beving met een kracht van 5 op de schaal van Richter zou plaats vinden.

De ervaringen die momenteel door NAM worden opgedaan bij het afhandelen van de schade aan gebouwen als gevolg van aardbevingen maken ook onderdeel uit van de "preventieve maatregelen", en waar mogelijk worden ervaringen opgedaan tijdens de schadeafhandeling in Arup's werk ingebracht.

Zo is door TNO een analyse uitgevoerd naar 320 meldingen die zijn afgehandeld door taxateurs vóór eind 2012. Doel van dit onderzoek was om vast te stellen of deze gevallen andere schadeaspecten bleken te vertonen dan die in het Deltares rapport over gebouwenschade uit 2011 waren voorspeld. De TNO studie gaf aan dat de door de beving van Huizinge in augustus 2012 opgetreden schade in lijn was met de voorspellingen in het Deltares rapport. Echter, bij het afhandelen van de schademeldingen is gebleken dat bestaande zwakke punten in gebouwen, zoals verzakkingen door andere oorzaken dan aardbevingen en achterstallig onderhoud, vaak het effect van de beving versterkt hebben en tot grotere schade hebben geleid. Mede om die reden is NAM begonnen met het voorbereiden van een inspectie programma, waardoor nog niet door schademeldingen bekende gebouwen stelselmatig zullen worden geïnspecteerd op zwakke punten.

Door NAM was na de Huizinge beving tevens een omvangrijk studie- en meetprogramma geïnitieerd naar de te verwachten maximum magnitude-, locatie- en frequentie van toekomstige aardbevingen, dat in de door de Minister opgedragen studies zal worden verwerkt. Dit meetprogramma zal mogelijk in de toekomst tot bijstellingen in het plan van aanpak voor preventieve versterkingsmaatregelen aan gebouwen leiden, als met name de verwachte magnitude en het effect, en daardoor het seismisch risico, van toekomstige bevingen zouden wijzigen.

Studies naar risico, kwetsbaarheid en preventief versterken van gebouwen

NAM is een serie onderzoeksprojecten gestart naar de mogelijkheden om het effect van aardbevingen op gebouwen te verminderen en daarmee het risico op letsel als gevolg van gebouwenschade zoveel mogelijk te voorkomen of te verlagen. NAM heeft hiertoe Arup ingeschakeld, een internationale consultant met wereldwijde expertise op het gebied van het ontwerpen en analyseren van bouwkundige aspecten in relatie tot aardbevingen.

Het met Arup overeengekomen studieprogramma bestaat uit 3 parallelle studieonderdelen:

1. Het bepalen van het risico voor gebouwen door aardbevingen

Arup heeft het gebouwenbestand in de te onderzoeken regio rond Huizinge geïnventariseerd en vastgelegd in een database. Inmiddels zijn de ca. 65.000 gebouwen in een straal van ca 15 km rondom Huizinge (het gebied waar de meeste aardbevingsgevolgen zijn opgetreden) in deze database opgeslagen en deze zal verder worden uitgebreid. Hierin zijn voor ieder gebouw de voor het bepalen van de kwetsbaarheid benodigde kenmerken vastgelegd, zoals gebouw typologie, aantal bouwlagen, constructie materiaal, bouwjaar, gebruik en locatie. Met deze gegevens zal een model worden gebouwd waarmee het risico voor mensen door schade aan gebouwen in het betreffende gebied in kaart kan worden gebracht.

De resultaten voor het bepalen van het risico bij aardbevingen op basis van KNMI gegevens, die ook bij de "Quick Scan" analyses zijn gebruikt, zullen moeten worden geverifieerd tegen de uiteindelijke verwachte consequenties voor gebouwen. Dit zal gebeuren op basis van de studies van de ondergrond naar magnitude en frequentie van toekomstige aardbevingen.

2. Het bepalen van richtlijnen voor de versterking van gebouwen

2.1 Analyses van krachten in gebouwen en mogelijkheden tot versterking

De Arup studie heeft als doel richtlijnen te ontwikkelen voor het versterken van bestaande gebouwen. Initieel heeft Arup een aantal voor de regio representatieve gebouwen geselecteerd om te analyseren of deze gebouwen aardbevingen van een bepaalde grootte kunnen weerstaan. Waar nodig onderzoekt Arup welke maatregelen genomen zouden kunnen worden om deze gebouwen te versterken en daarmee het risico op ernstige schade als gevolg van een zware aardbeving te beperken en te verminderen. Ook is een aantal gebouwen met een onverwacht zware schade aangedragen om nader te onderzoeken en hiervoor versterkende maatregelen te ontwerpen.

Arup heeft in mei 2013 een aantal van deze gebouwen in detail ingemeten waarbij onder meer gebruik is gemaakt van laserscanningstechnieken, bijvoorbeeld voor een kerk in Woltersum. Inmiddels zijn voor enkele gebouwen driedimensionale computermodellen gemaakt waarmee de verdeling van krachten in het gebouw tijdens een aardbeving kan worden bepaald. Hiermee kunnen risico's voor schade worden bepaald en daarmee welke onderdelen moeten worden versterkt.

2.2 Werken naar aanpassing regelgeving

Op dit moment wordt in het Nederlandse bouwbesluit geen rekening met aardbevingsrisico gehouden. Een aanpassing van het bouwbesluit in lijn met Europese richtlijnen zal worden voorbereid, maar de verwachting is dat zo'n ontwikkeling enkele jaren in beslag zal nemen. Daarom heeft het Ministerie van Economische Zaken het initiatief genomen om het Nederlandse NEN-Instituut een NPR (Nationale Praktijk Richtlijn) te laten ontwikkelen als voorloper op het uiteindelijke bouwbesluit. NAM zal de resultaten van Arup's studies ter beschikking van de NEN-commissie stellen en de commissie waar gewenst ondersteunen.

2.3 Het ontwerpen van richtlijnen voor versterking van gebouwen

Voor het opstellen van richtlijnen voor versterking van gebouwen en de implementatie is de volgende strategie opgesteld: op basis van wereldwijde ervaringen met aardbevingen heeft Arup verschillende soorten gebouwen gekozen met eenzelfde soort typologie, waardoor een standaard ontwerprichtlijn voor structurele versterking van deze typen gebouwen kan worden ontwikkeld. Deze ontwerprichtlijn moet het mogelijk maken op gestandaardiseerde wijze ontwerpen voor het preventief versterken van individuele gebouwen te maken, waardoor de implementatie van deze versterkingsmaatregelen kan worden versneld.

Met de resultaten van de modelanalyses voor deze specifieke types huizen zullen standaard berekeningsmethoden en standaard oplossingen voor versterking worden ontwikkeld. Hierbij wordt gebruik gemaakt van internationaal geaccepteerde standaarden. Het eerste concept voor de versterkingsrichtlijn zal zijn gebaseerd op ervaringen uit de analyse en zal gebruik maken van standaard maatregelen die relatief eenvoudig zijn uit te voeren.

De Arup concept richtlijn zal in de praktijk worden getoetst middels een pilot project waarbij ongeveer 10 huizentypes zullen worden verstevigd, waarbij uit de ervaringen met deze praktijkgevallen de versterkingsrichtlijn waar nodig kan worden aangepast, om zo de meest effectieve en efficiënte implementatiesystematiek te ontwikkelen.

Voor het uitvoeren van de eerste pilot zal de Arup richtlijn voor het preventief versterken van gebouwen met aardbevingsrisico naar verwachting in het eerste kwartaal van 2014 in concept gereed zijn. Na het afronden van de eerste pilot in het vierde kwartaal van 2014 - of zoveel eerder als mogelijk, afhankelijk van vergunningen, overeenkomst met eigenaren, etc.- zal de ervaring met de constructie van de versterkingsmaatregelen in de richtlijn, waar dat relevant is, worden opgenomen.

Daarna zullen de Arup richtlijn en de uitvoeringsmethode worden geëvalueerd en op een tweede pilot van ongeveer 100 gebouwen worden toegepast om de versterkingsrichtlijn en praktische implementatie op grotere schaal toe te passen. Het gaat hierbij voornamelijk om woonhuizen, waarvoor een standaard versterkingsmethode kan worden toegepast. De kennis uit de inspectiecampagne zal gebruikt worden om woningen zodanig te selecteren dat de meest kwetsbare de hoogste prioriteit in het versterkingsprogramma krijgen.

Na deze twee pilot projecten zal de Arup richtlijn de basis vormen voor een grootschalig plan van aanpak om alle relevante huizen in de regio te versterken.

Richtlijnen voor andere typen gebouwen zullen zoveel mogelijk gelijktijdig ontwikkeld worden maar meer tijd vergen omdat de onderzoeken van bijvoorbeeld kerken en scholen groter en complexer zijn en waarschijnlijk specifieke analyses behoeven die mogelijk niet door een standaard richtlijn kunnen worden bediend.

3. Het plan van aanpak voor het implementeren van versterkende maatregelen.

Op basis van de resultaten van bovenstaande studieonderdelen om het risico voor gebouwen als gevolg van aardbevingen vast te stellen en een verstevigingsrichtlijnen om deze risico’s te beperken wordt een plan van aanpak ontwikkeld voor een meer grootschalige implementatie van versterkende maatregelen in de regio. Het plan van aanpak kan worden afgerond in het najaar van 2013, zodat zo spoedig mogelijk na goedkeuring en toestemming van autoriteiten en huiseigenaren kan worden begonnen met de uitvoering. Het plan van aanpak zal zonodig worden bijgesteld en aangescherpt op basis van de resultaten van de eerste versterkingsimplementatie aan huizen gedurende 2014, of als nieuwe inzichten in de studies van de ondergrond daartoe aanleiding zouden geven.

De duur van de implementatie is afhankelijk van de te nemen maatregelen en het aantal gebouwen binnen de verschillende seismische zones. Dit kan worden bepaald wanneer de uiteindelijke resultaten van de seismische studies beschikbaar komen.

Om de veiligheidsrisico’s adequaat aan te pakken, zal er in het plan van aanpak voor preventieve versterkende maatregelen prioriteit worden gegeven aan gebouwen in zones met een hoger seismisch risico en aan (typen) gebouwen waarvan gebleken is dat deze meer kwetsbaar zijn.

Preventieve maatregelen die nu al door NAM worden genomen

Het plan van aanpak van Arup voor preventieve versterkende maatregelen voor gebouwen met aardbevingsrisico is complex en zal tijd kosten. Om in de tussentijd urgente veiligheidsrisico’s aan individuele gebouwen vast te stellen en aan te pakken, heeft NAM preventieve acties genomen. Om ook risico’s aan gebouwen die nog niet door schademeldingen zijn bekeken te kunnen vaststellen is NAM begonnen met de ontwikkeling van een inspectieprogramma van gebouwen.

Preventieve maatregelen voortvloeiend uit schadeherstel

Bij het verbeteren van het schade afhandelingsproces wordt een extra stap gezet om schademeldingen waarbij sprake is van een afwijkende schade dieper te laten onderzoeken door bouwkundigen. Tot eind juli 2013 zijn op deze wijze rond 150 bouwkundige onderzoeken uitgevoerd. In een aantal gevallen hebben deze onderzoeken geleid tot ingrijpen vanwege een veiligheidsrisico voor bewoners of omwonenden. Voorbeelden zijn het evacueren van een boerderij met verzakkingen, waardoor bij een volgende beving zware schade zou kunnen ontstaan, en het afbreken van een instabiele en verzwakte schoorsteenpijp. Ook zijn muren gestut en versterkt en funderingen van huizen versterkt.

Inspectie van riscovolle structurele elementen aan gebouwen.

NAM is ook begonnen met de voorbereiding van een campagne om gebouwen in de regio met aardbevingsrisico stelselmatig te inspecteren op een aantal structurele elementen die bekend staan als risicovol, omdat deze ook al bij kleinere grondbewegingen kunnen vallen en daardoor significante veiligheidsrisico's kunnen opleveren. Voorbeelden van zulke risicovolle elementen zijn schoorstenen, ornamenten, vrijstaande muren/geveldelen, en gevelelementen.

Deze inspectiecampagne loopt vooruit op het versterkingsplan van Arup en heeft tot doel vroegtijdig een beeld te krijgen van risicovolle elementen aan bestaande gebouwen. Wanneer zulke risicovolle elementen worden gedetecteerd kan in overleg met de eigenaar van het gebouw meteen actie worden genomen om het risicovolle element te versterken of te verwijderen. Het plan is om dit op soortgelijke manier te doen als tot nu toe is gebeurd bij een aantal gebouwen tijdens het schadeafhandelingsproces. De nu te ontwikkelen inspectiecampagne moet ervoor zorgen dat gebouwen met risicovolle structurele elementen ook buiten het schadeafhandelingstraject kunnen worden opgespoord. Naast het opsporen van deze specifieke veiligheidsrisico's zal deze inspectiemethode bovendien inzichten verschaffen in de conditie van de geïnspecteerde gebouwen, die in het plan van aanpak van preventieve versterkingsmaatregelen kunnen worden verwerkt, bijvoorbeeld wanneer de conditie van een gebouw aanleiding geeft om maatregelen met hogere dan normale prioriteit te nemen.
Technische details voor deze inspectiecampagne, waarvoor beproefde screeningstechnieken zullen worden toegepast, worden op dit moment in samenwerking met Arup ontwikkeld en worden in bijgevoegd Arup rapport kort beschreven. De resultaten van deze inspectiecampagne zullen ook worden verwerkt in de prioriteitstelling in het Arup plan van aanpak voor de versterking van gebouwen met aardbevingsrisico.

Samenvattende conclusie

Arup heeft goede voortgang gemaakt bij het realiseren van opzet en structuur van de geschetste studies, bij het opzetten van de omvangrijke gebouwendatabase voor de regio, het opstellen van het risicomodel, het inmeten van de geselecteerde gebouwen, het opstellen van driedimensionale modellen van diverse gebouwen en het opstellen van een concept plan van aanpak.

Op basis van KNMI data inzake grondbeweging heeft Arup een eerste voorlopige risico analyse uitgevoerd, en zal deze verder uitwerken op basis van de inzichten uit de studies van de ondergrond die momenteel plaatsvinden. De uitkomst van de voorlopige analyses van Arup zijn daarom nog niet representatief.

De eerste voorlopige analyses suggereren dat voor de orde van grootte van de door het KNMI gegeven gemiddelde grondbewegingen bij een beving van zwaarte van 5 op de schaal van Richter inderdaad gebouwenschade zal ontstaan, en dat effectieve versterkende maatregelen mogelijk zijn die het veiligheidsrisico zullen beperken. Ook blijkt dat bij grotere waardes van grondbeweging ingrijpender versterkingsmaatregelen nodig zullen zijn, zodat het van groot belang is om betrouwbare input in de vorm van realistische waardes van grondbeweging te hebben. Het is te vroeg om bij de huidige onzekerheid rond de maximale grondbeweging waarmee gerekend moet worden als input in de versterkingsstudies, nu al harde conclusies te trekken. Een initiële inschatting is echter dat grootschalige versterkende maatregelen genomen moeten worden.

Hierbij moet gedacht worden aan het verstevigen van enige honderden tot enige duizenden huizen, afhankelijk van de exacte grootte van de maximale grondbeweging. Het plan van aanpak voor preventieve versterkende maatregelen zal een strategie beschrijven om dit op een zo effectief en efficiënt mogelijke wijze te doen.

Een inschatting van de tijdsplanning voor de studies en het plan van aanpak voor verdere implementatie is opgenomen in de Appendix.

Het is de verwachting dat het plan van aanpak voor versterking van gebouwen aan het einde van 2013 gereed is, inclusief een geschatte tijdsplanning voor uitvoering. Op basis van buitenlandse ervaringen mag verwacht worden dat de ontwerprichtlijn en plan van aanpak voor versterkende maatregelen moeten worden bijgesteld als de inzichten in de magnitude van bevingen en daaruit resulterende bodembeweging veranderen, bijvoorbeeld als gevolg van de meetcampagnes die nu worden opgezet.

Samenwerken

Een plan van aanpak voor preventieve versterkingsmaatregelen zal door NAM worden voorbereid, het Arup rapport zal hiervoor de basis vormen. Het plan zal uitvoerig worden besproken met betrokken partijen, om de maatregelen in goede samenwerking met alle betrokken partijen en na akkoord van betrokken huiseigenaren te kunnen uitvoeren. Voor de uitvoering van versterkingsmaatregelen zal een implementatieplan worden gemaakt op basis van de consultatie van betrokken partijen over het plan van aanpak en in overeenstemming met de prioriteiten die daarin worden voorgesteld.

Vanzelfsprekend beseffen wij dat de inwoners nog immer moeten omgaan met de onzekerheid en de daarmee gepaard gaande gevoelens van onveiligheid als gevolg van aardbevingen. De inspectie campagne zal worden omgeven met een communicatie programma opdat voor iedereen duidelijk is wat het doel en noodzaak van de campagne is.

Een complicerende factor is dat de daadwerkelijke impact op bewoners (aanpassingen tot en met mogelijk verlaten van hun huis voor een bepaalde periode) pas goed in te schatten is als de eerder beschreven informatie (magnitude, krachten, impact etc.) beschikbaar is.

NAM zal zich maximaal inspannen om op basis van beschikbare informatie de samenleving in brede zin te betrekken bij en te informeren over alle studies en maatregelen die worden voorgesteld.

Appendix 1:
Eerste inschatting van de mogelijke ernst van de gevolgen van zware aardbevingen (M=5) voor gebouwen.

Op basis van op dit moment beschikbare gegevens uit Arup studies heeft NAM een eerste inschatting gemaakt van types en aantallen gebouwen die gevaar lopen te bezwijken indien een beving met een kracht van 5 op de schaal van Richter zou plaats vinden. De aantallen gebouwen die genoemd worden in deze appendix kunnen mogelijk nog aanzienlijk veranderen op basis van gegevens die beschikbaar komen uit de studies over de ondergrond en analyses en studies naar de impact van bevingen op gebouwen die later dit jaar zullen worden afgerond. Doel van deze appendix is niet om een eindconclusie te presenteren, doch om een eerste voorlopige inschatting te geven van de orde van grootte van ernstige schadegevallen die op basis van de huidige inzichten over bevingen van 5 op de schaal van Richter verwacht kunnen worden.

Berekeningsmethodologie

Voor het inschatten van het effect van een aardbeving op gebouwen wordt de grootte van een aardbeving op de schaal van Richter vertaald naar grondversnellingen (PGA). Voor een bepaalde grond versnelling wordt vervolgens berekend welke schade dit teweeg kan brengen aan een gebouw. Deze schade is afhankelijk van het type gebouw; sommige typen gebouwen zijn gevoeliger voor grondbewegingen dan anderen.

Aanzienlijke onzekerheden bestaan nog ten aanzien van zowel de maximale grondversnellingen, als ook ten aanzien van de vertaling van deze grondversnellingen naar gebouwen schade. Deze onzekerheden zijn onderwerp van studies naar de ondergrond en effect op gebouwen die later dit jaar zullen worden afgerond. De eerste voorlopige berekeningsresultaten in deze appendix zullen later dit jaar getoetst moeten worden tegen de uitkomsten van deze studies en kunnen daarom mogelijk nog veranderen.

Grondversnellingen

Een voorlopige inschatting van de maximale grond versnelling (PGA) voor een beving met een kracht van 5 op de schaal van Richter is gemaakt door het KNMI. De gemiddelde PGA waarde in het epicentrum is 0,23 g (versnellingen worden gerelateerd aan de zwaartekracht versnelling g), maar kan ook hoger zijn: de gemiddelde waarde plus één standaarddeviate is 0.5 g.

Het KNMI heeft ook een voorlopige PGA contourkaart geadviseerd, gerelateerd aan een PGA waarde van 0,23 g in het epicentrum.

Huizen types

Aan de gebouwen binnen de contour is een type classificatie toegewezen. Het constructie materiaal, b.v. baksteen, is een belangrijke component van deze classificatie, alsmede het aantal verdiepingen en de leeftijd van het gebouw.

Classificatie huizen beschadiging

Voor schade classificatie worden de methodologieen EMS-98 (European Seismological Scale, 1998) en HAZUS (FEMA, 2013) gebruikt. Deze methodologieen worden momenteel verondersteld equivalent te zijn, maar deze veronderstelling moet nog worden gevalideerd.

HAZUS onderkent 5 categorieen van schade (Damage States):

- Damage State 1 – lichte schade
- Damage State 2 – gematigde schade
- Damage State 3 – uitgebreide tot zware schade
- Damage State 4 – zeer zware schade
- Damage State 5 – instorting

Eerste voorlopige resultaten

De onderstaande tabel geeft aan hoeveel huizen binnen bepaalde PGA contouren liggen, op basis van de voorlopige KNMI contourkaart.

Type gebouw	0,10<PGA<0,15	0,15<PGA<0,20	0,20<PGA<0,25
	Aantal huizen	Aantal huizen	Aantal huizen
Baksteen	18.190	12.640	14.920
Beton	1.540	590	420
Hout	10	5	40
Staal	20	25	50

Het aantal huizen in bovenstaande tabel kan niet zonder meer gebruikt worden om een inschatting te maken van het aantal huizen dat zou worden beschadigd in geval van aan beving met kracht 5 op de schaal van Richter. De KNMI contourkaart reflecteert een onzekerheid in de locatie van het epicentrum van een potentieele toekomstige beving met een kracht van 5 op de schaal van Richter. Daarom toont de kaart een relatief groot gebied waar een gemiddelde PGA van 0.23 g bij een beving met kracht 5 op de schaal van Richter kan optreden (dit gebied omvat alle mogelijke locaties waar het epicentrum zou kunnen liggen).

Als een concrete beving zou optreden in de toekomst, dan zal het werkelijke aantal huizen, dat binnen een bepaalde PGA contour terecht komt aanzienlijk lager liggen. De PGA contouren zullen dan dichter rond het actuele epicentrum heen liggen.

Onder de aanname van een discreet epicentrum met een PGA van 0,23 g in het epicentrum, zal het aantal huizen dat in Damage State 4 terechtkomt in de orde van 10 zijn, terwijl een enkel huis in Damage State 5 terecht zou komen. In het geval van een PGA van 0.5 g komen deze aantallen logischerwijs aanzienlijk hoger uit.

Dit is een eerste voorlopige inschatting, waarbij aangetekend moet worden, dat bovenstaande inschattingen veronderstellen, dat woningen in goede staat van onderhoud verkeren en dat er geen andere factoren zijn die de kwetsbaarheid van de woning kunnen vergroten (bv historische verzakkingen, zwakke fundering). De mogelijke impact van deze factoren kan alleen op basis van inspecties worden ingeschat.

De inschattingen zijn tevens gebaseerd op de huidige sterkte van gebouwen en nemen nog geen eventuele verstevigingen in beschouwing waardoor deze schade zal worden beperkt. Eerste voorlopige analyses suggereren, dat effectieve verstevigende maatregelen mogelijk zijn die het risico van bezwijken zullen beperken, hoewel met name bij gebouwen met al bestaande verzwakkingen niet kan worden uitgesloten dat het niet technisch of economisch haalbaar is om effectieve versterkingsmaatregelen te treffen, waardoor deze (deels) verwijderd moeten worden om het risico te elimineren.

Appendix 2 – Arup rapport